

# ASPECTOS MESO Y MACRO-ESCALARES EN RELACIÓN CON LAS INUNDACIONES DE CATALUÑA DE OCTUBRE DE 1987

C. Ramis (Universidad de las Islas Baleares)

C. Llasat (Universidad de Barcelona)

A. Genovés y A. Jansá (Centro Meteorológico Territorial de Baleares, -INM-)

F. Caracena (NOAA, Boulder, EE.UU.)

## RESUMEN

*Se analiza una situación de lluvias fuertes ocurrida en Cataluña entre final de septiembre y principio de octubre de 1987, caracterizada por su persistencia. Desde un punto de vista objetivo y macroescalar, se han obtenido diversos campos de diagnóstico a partir de los análisis objetivos del LAM-INM, resultando que no hay forzamientos apreciables en niveles altos y que las áreas convectivamente activas coinciden con aquéllas en que se superponen forzamiento importante y convergencia de humedad en nivel bajo e inestabilidad convectiva. Los análisis subjetivos mesoescalares permiten detallar los elementos en juego en las zonas de activación de la convección. Se trata de líneas de convergencia, sobre las que es advectado aire muy cálido y húmedo. Las líneas de convergencia, a su vez, son el resultado de la interacción entre una depresión mesoescalar y zonas de altas presiones de tipo orográfico o, alternativa o complementariamente, flujos de salida de sistemas convectivos decadentes.*

### 1. Descripción del episodio.

El episodio de lluvias fuertes a que se refiere este trabajo tuvo lugar entre los días 28 de septiembre y 6 de octubre de 1987. El área afectada fue Cataluña y, en especial, su franja costera. En la Figura 1 pueden verse mapas pluviométricos diarios para todo el período, basados en datos del Centro Meteorológico de Barcelona. También se han consultado datos pluviométricos facilitados por *Meteo France*, ya que el Sur de Francia fue notablemente afectado por ese temporal. Las cantidades totales de precipitación en el período superaron los 200 mm en numerosos puntos,

siendo destacables los 431 mm del Aeropuerto de Barcelona. Los máximos de lluvia en 24 horas tuvieron lugar el día 3 (de las 08 horas del día 3 a las 08 h del día 4), con 209 mm en Gerona y 305 mm en Banyuls sur Mer (Francia). En el área de Barcelona, en particular, según registro de Hospitalet de Llobregat, los chubascos más fuertes tuvieron lugar la noche del 3 al 4, entre las 20 y 21 horas y entre las 02 y las 03 horas, y el día 4, entre las 11 y las 16 horas.

Lo más significativo de este episodio -aparte de que la lluvia de Banyuls sur Mer del día 3 sea un récord absoluto para esa localidad- es su

persistencia o, si se quiere, la reiteración con que se presentaron los chubascos fuertes en la zona de Cataluña, día tras día, varias veces en un día, incluso siendo castigadas las mismas localidades una y otra vez.

Hemos elegido el subperíodo del 2 al 5 de octubre para analizar el caso desde un punto de vista macroescalar y los días 3 y 4 para el análisis mesoescalar.

## 2. Situación sinóptica. Estabilidad.

A modo de ejemplo, la Fig. 2 representa la situación sinóptica en un momento concreto del episodio, día 4 de octubre a las 00 UTC. Se trata de una situación bastante repetida, grosso modo, a lo largo de la parte central del período. En niveles bajos (1.000 hPa), la situación se caracteriza, por un flujo del E-SE, insinuándose (a macroescala) su relación con una depresión de

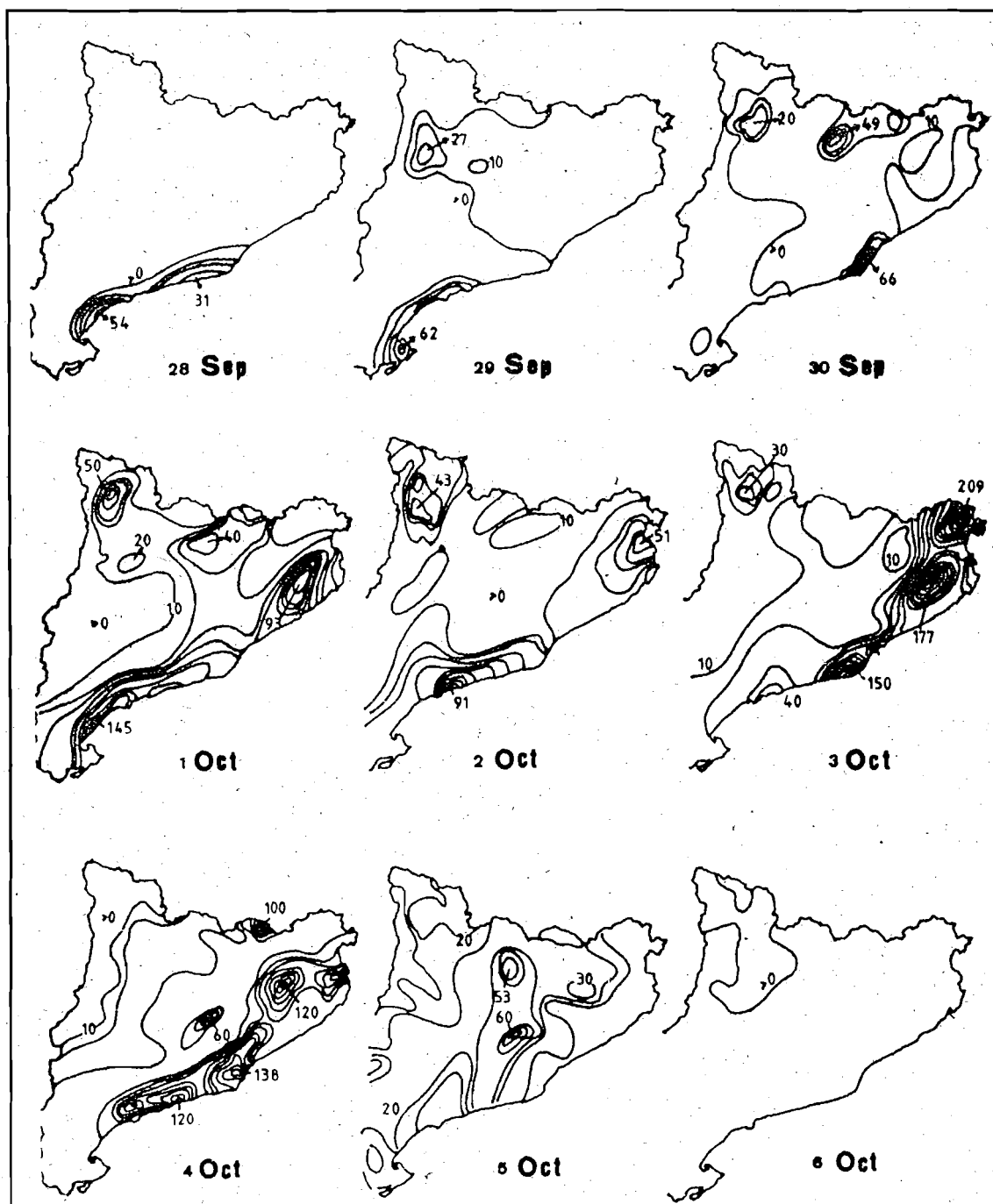
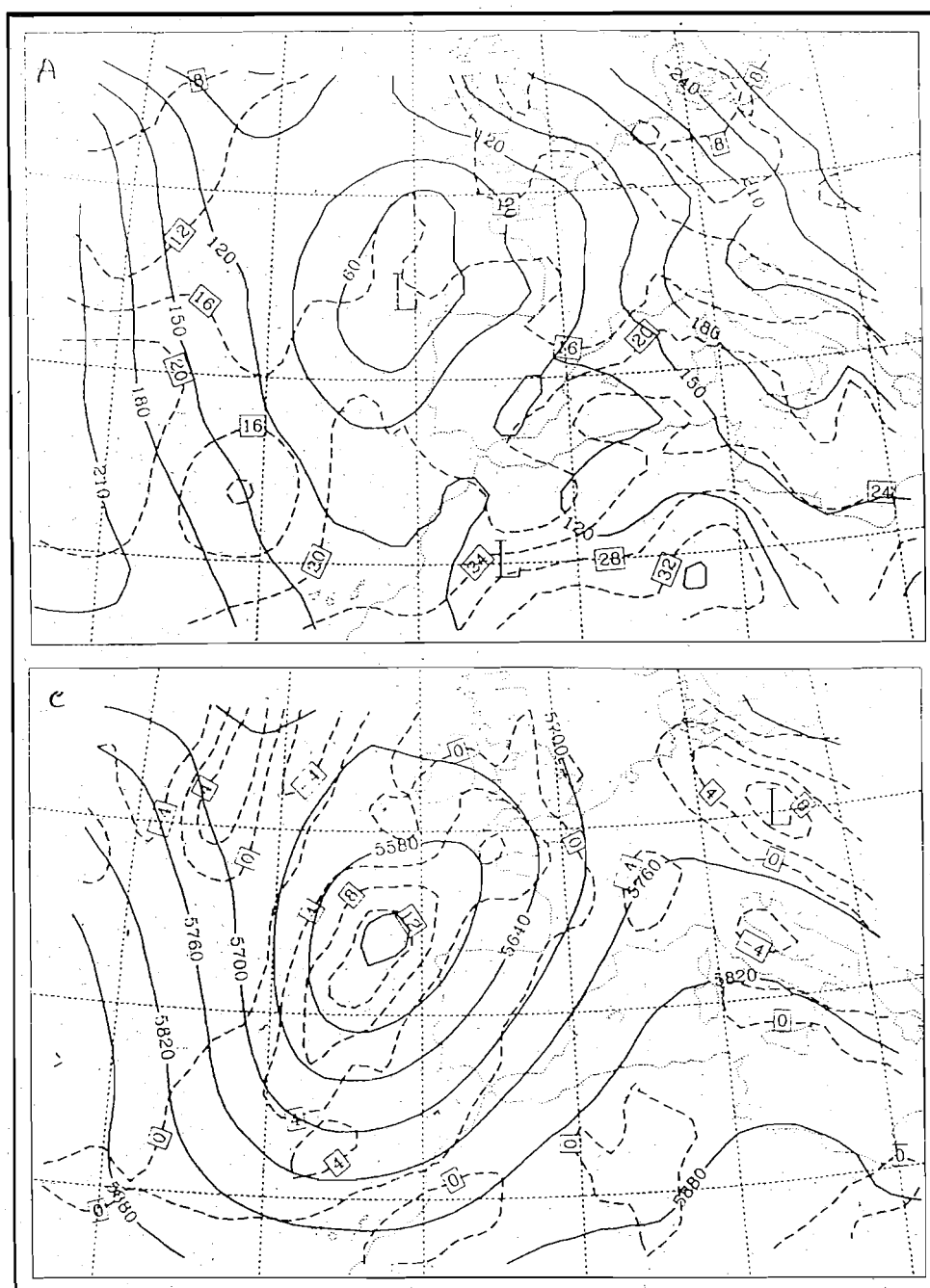


Figura 1.- Mapas pluviométricos diarios (28 sep. a 6 oct. 1987) de Cataluña

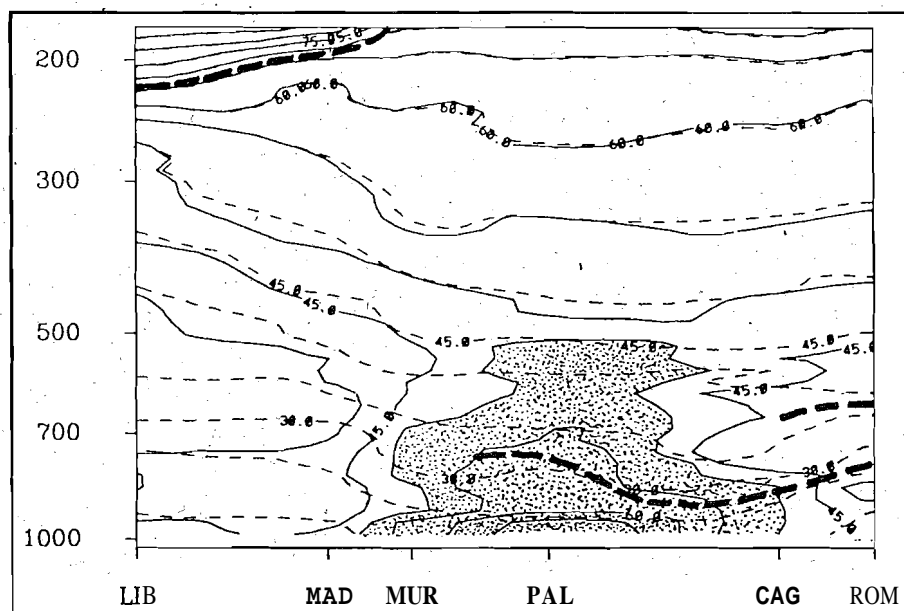


**Figura 2.-** Análisis INM-LAM día 4-10-87 a 00 UTC 1.000 hPa, geopotencial y temperatura, (arriba) y 500 hPa, geopotencial y vorticidad (abajo)

Argelia-Palos. Se asocia a dicho flujo una marcada advección cálida. También en 850 hPa hay una clara advección cálida (no se muestra en el mapa). En altura (500 hPa) hay una potente vaguada fría, pero muy al Oeste de la zona de interés. Cataluña queda "a la derecha" de la zona de salida de los vientos más fuertes. Algo análogo puede verse en 300 hPa (tampoco se muestra en el mapa).

Tratándose de una situación convectiva, junto a los condicionantes dinámicos es necesario

considerar la estabilidad estática. Se ha preferido utilizar los sondeos directamente, en lugar de los análisis objetivos. La Figura 3 muestra un corte transversal, desde Lisboa (LIB) a Roma (ROM), de temperatura potencial y temperatura potencial equivalente. Toda la zona punteada presenta gradiente vertical negativo de temperatura potencial equivalente, es decir, es convectiva o potencialmente inestable. Además, la perpendicularidad entre las isotermas de 0 y de 0, en la zona de Murcia (MUR) visualiza un rápido aumento del contenido de



**Figura 3.-** Corre vertical de temperatura potencial (línea a trazos) y temperatura potencial equivalente (línea llena). 4-10-87 a 00 UTC

agua al pasar de la Península Ibérica al Mediterráneo. Los cálculos pertinentes y la comparación con la climatología (Ramis 1976) nos dan un 180% de agua precipitable, sobre el valor normal para la época, en la vertical de Baleares.

### 3. Diagnóstico macroescalar.

Como se ha dicho, los análisis objetivos utilizados en este trabajo son los del LAM-INM, en resolución operativa. Se trata de análisis no inicializados. Para eliminar "ruido" en el diagnóstico basado en ellos, han sido filtrados de las perturbaciones de menor longitud de onda (Gomis y Alonso, 1988). Sobre los análisis filtrados se han calculado, 1º) el forzamiento vertical en los distintos niveles, utilizando la técnica del vector  $Q$  (Hoskins y Pedder, 1980), 2º) un índice de estabilidad convectiva, consistente en la diferencia de temperatura potencial equivalente, para distintas capas, 3º) la divergencia de humedad absoluta. Lo que se anda buscando son los clásicos criterios de diagnóstico de convección a escala sinóptica, esto es, inestabilidad, alimentación de vapor de agua y forzamiento o mecanismo de disparo (Doswell, 1982). No será posible mostrar todos los resultados. Comentaremos que en niveles altos (500 y 300 hPa) el forzamiento vertical resulta despreciable. Ya que a esos niveles el forzamiento más significativo está ligado a la advección de

vorticidad, vista la Fig. 2, se puede imaginar una compensación entre el término asociado a curvatura y el asociado a cizalladura en esa advección. Sí que hay forzamientos ascendentes importantes en niveles bajos (850 y 1.000 hPa), bastante localizados en la zona de Cataluña y Golfo de León los días 2 y 3 y apareciendo nuevos núcleos sobre el mar de Argelia y Baleares entre el día 4 y el día 5, presumiblemente asociados, sobre todo, a máximo de advección térmica. Hay inestabilidad convectiva (gradiente vertical negativo de temperatura potencial equivalente) en la capa 500/1.000 en todo el Mediterráneo Occidental. Las divergencias de humedad sólo resultan interesantes en 1.000 hPa. Con todo, no son fuertes en ese diagnóstico, si bien son negativas (convergencia), contribuyendo a alimentar la convección, en diferentes áreas del Mediterráneo.

De un modo análogo a como se hizo en Jansá y otros (1986), hemos sintetizado el diagnóstico macroescalar en mapas compuestos o superpuestos, en los que se cartografían juntos los tres factores favorables a la convección, forzamiento vertical ascendente e importante en nivel bajo (850 hPa), inestabilidad convectiva (zona negativa de diferencia de temperatura potencial equivalente entre 500 y 1.000 hPa) y convergencia de humedad. Una muestra de resultados se incluye en la Figura 4. En las zonas punteadas coinciden forzamiento ascendente, inestabilidad y conver-

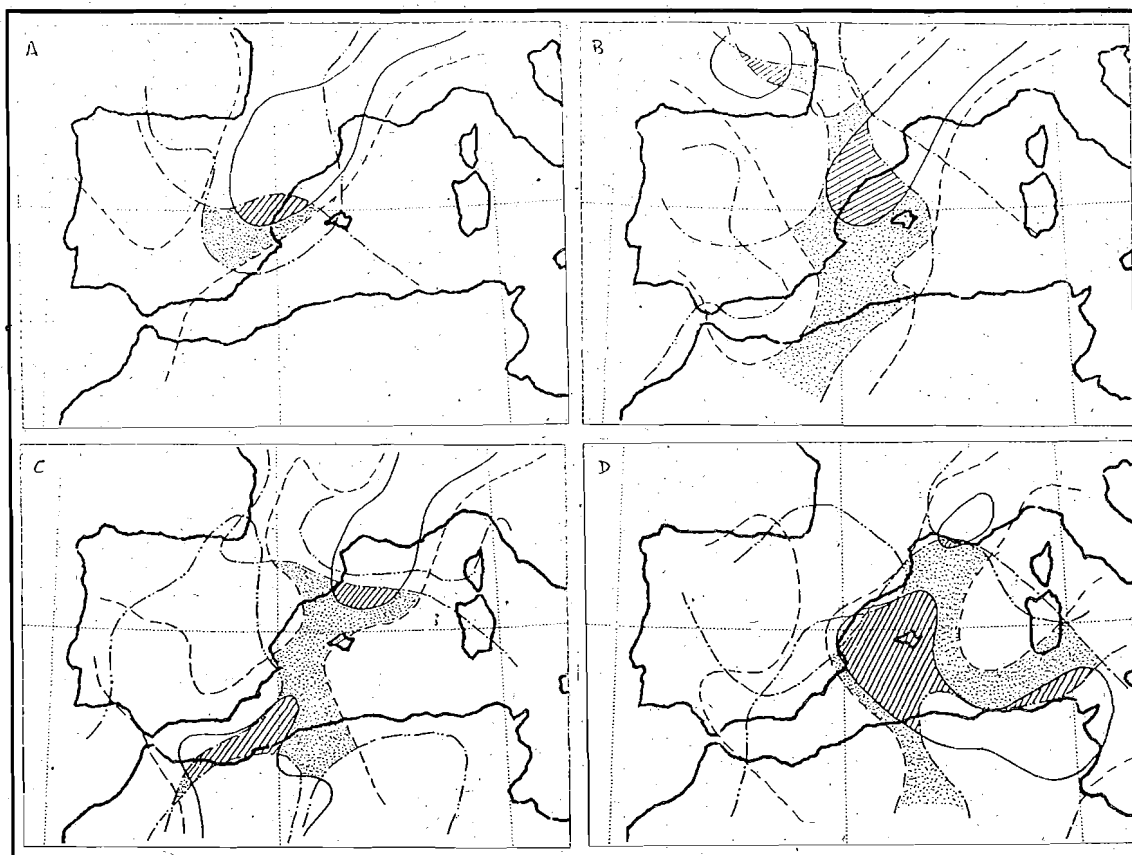


Figura 4.- Diagnóstico. Límites de  $\text{---}/\text{---}$ , ascendencia positiva / fuerte en 850 hPa;  $\text{---}/\text{---}$ , inestabilidad;  $\text{---}/\text{---}$ , convergencia de humedad.  
(A: día 2, B: día 3, C: día 4, Día 5 a 00 UTC)

gencia de humedad. En la zona rayada el forzamiento ascendente es, además, fuerte, por encima de un valor umbral. En la zona rayada cabe esperar, pues, que se concentren los desarrollos convectivos, inhibiéndose, parcial o totalmente, en el resto.

Es interesante comparar los resultados con las Figuras 5 a 7, imágenes infrarrojas de Meteosat. Día 3 a primeras horas (parte superior de la Figura 5) se generan sistemas convectivos en una zona coincidente con el área rayada correspondiente (Fig. 4B). A primeras horas de día 4 (Fig. 6, parte inferior) sigue habiendo generación de sis-

temas en la misma zona (lo que está sólo parcialmente sustentado por el diagnóstico objetivo), pero también hay generación o regeneración más al NE, hacia donde se ha desplazado la zona rayada (Fig. 4C). Día 5 a primeras horas (Fig. 7, parte inferior) los desarrollos más potentes están surgiendo entre Baleares, Palos y Argelia, aunque la extensión afectada es muy grande, en coincidencia grosera con el diagnóstico (Fig. 4D). El diagnóstico objetivo, incluso con análisis operativos suavizados, da, pues, una información bastante útil sobre las zonas donde se pueden generar o reactivar sistemas convectivos, aunque, lógicamente, falta algo de detalle.

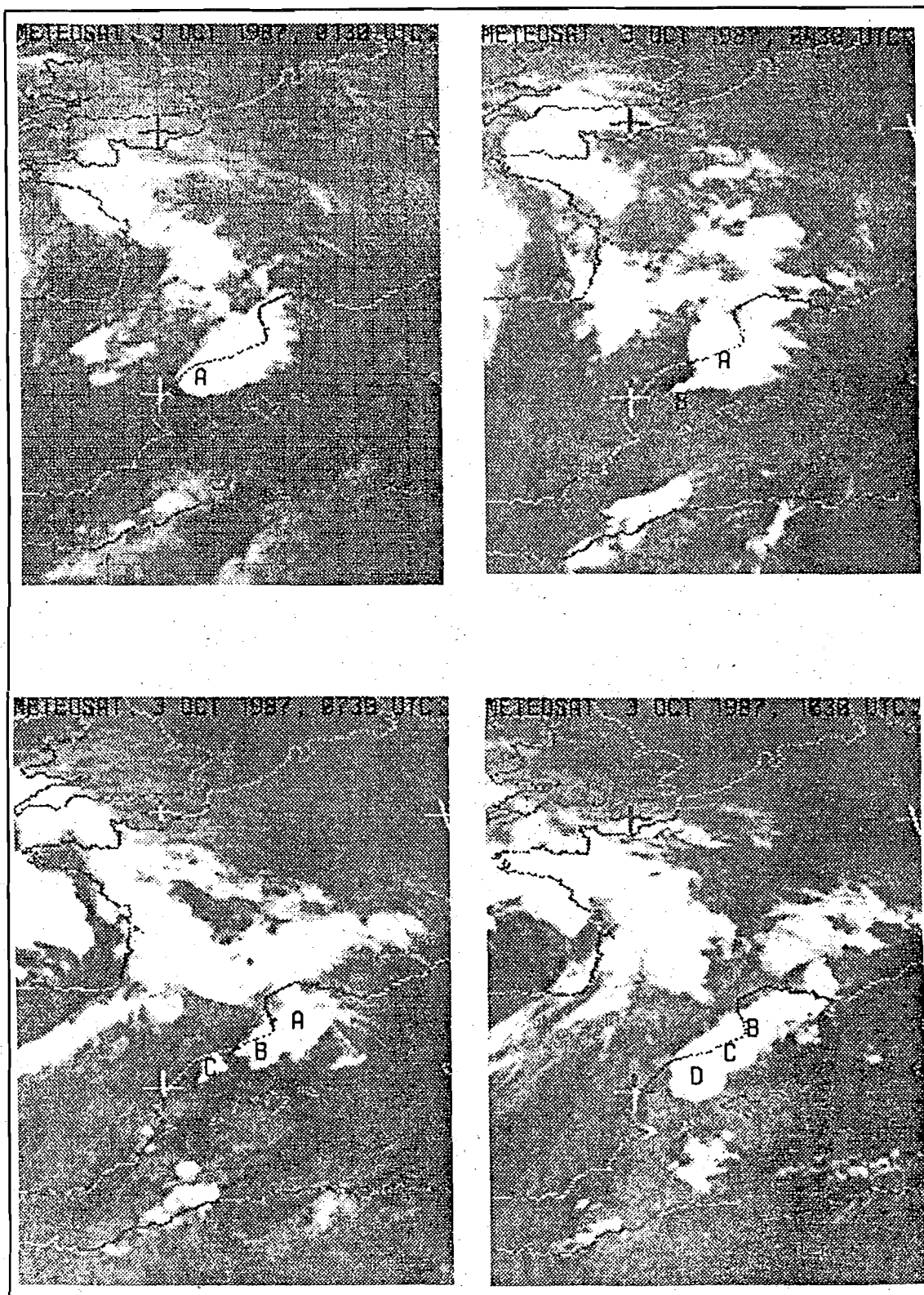


Fig. 5.- Imágenes Meteosat (IR). Día 3 a 01,30, 04,30, 07,30 y 10,30. Las letras identifican sistemas convectivos

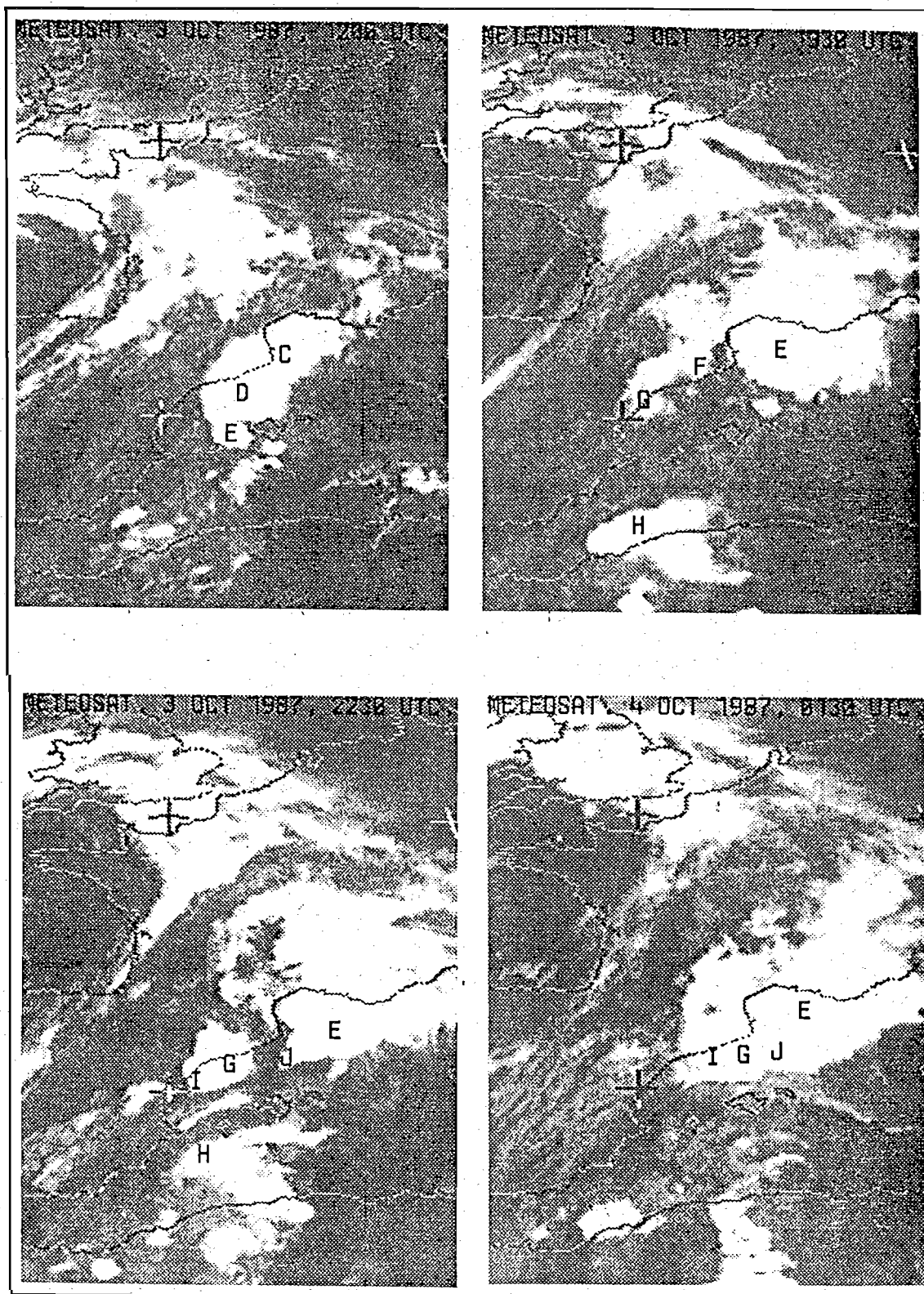


Figura 6.- Imágenes Meteosat (IR). Día 3 a 12,00, 19,30 y 22,30 y día 4 a 01,30



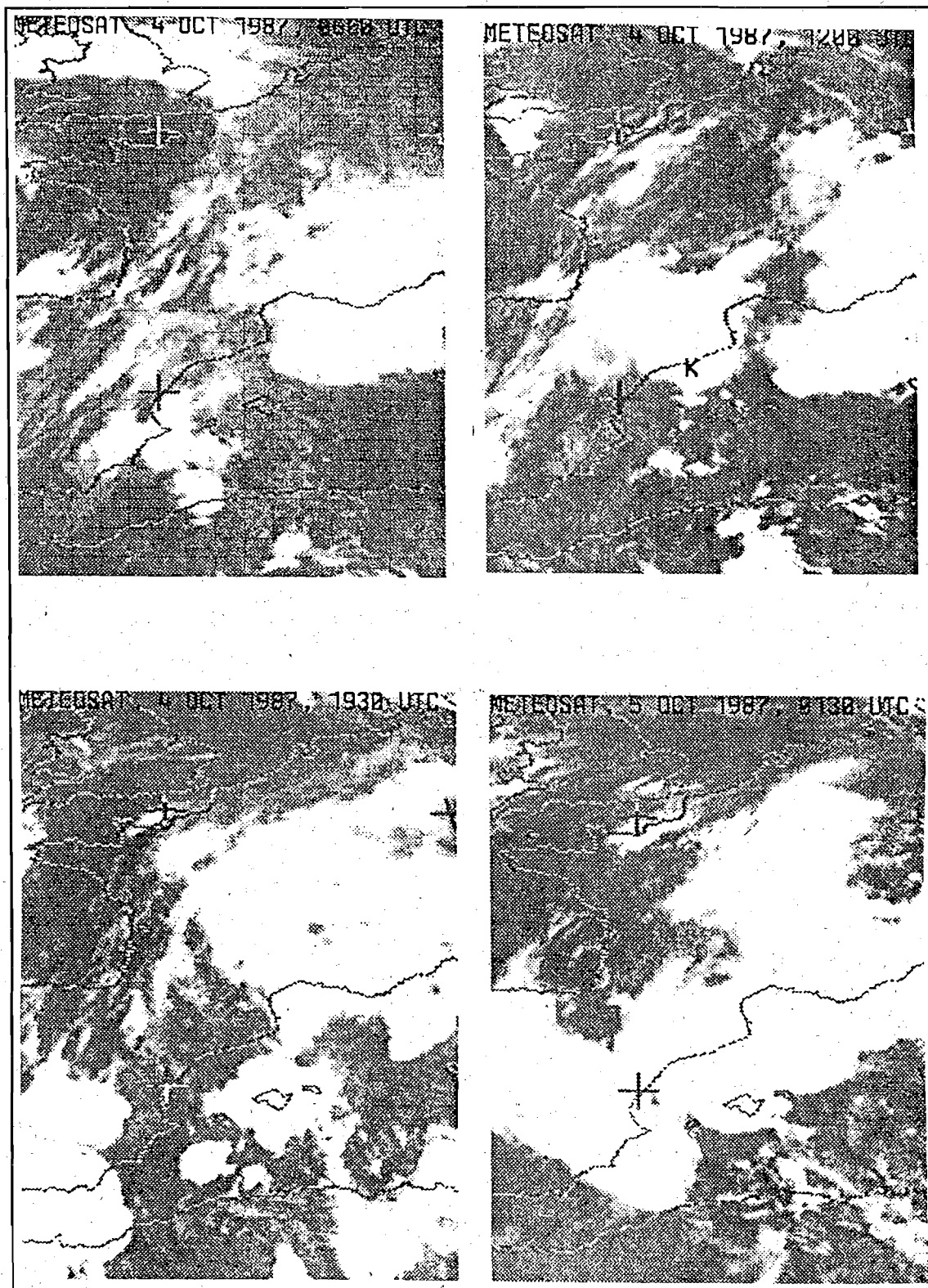


Fig. 7.- Imágenes Meteosat (IR). Día 4 a 06.00, 12.00 y 19.30 y día 5 a 01.30



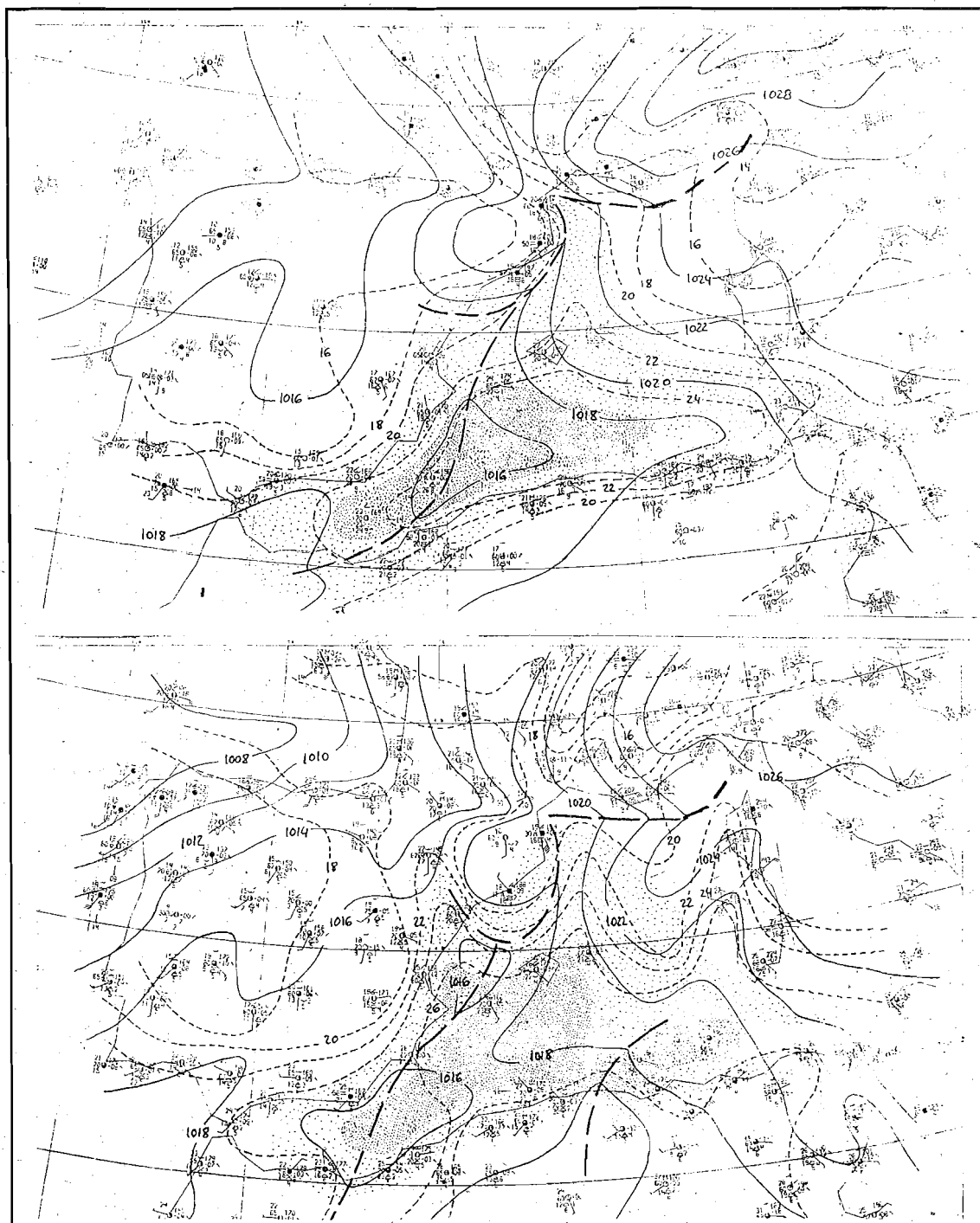


Fig. 8.- Análisis mesoescalar. Isobaras, isotermas, zonas cálido-húmedas ( $T_d > 18$  y  $T_d > 22^\circ\text{C}$ , punteadas) y líneas de convergencia. Día 3 a 00 UTC (arriba) y a 12 UTC (abajo)

#### 4. Análisis mesoescalares.

A fin de identificar con más detalle los procesos en juego, se han realizado análisis mesoescalares manuales en superficie, de presión, temperatura y punto de rocío, cada seis horas, del día 3 a las 00 UTC al día 5 a las 00 UTC. Los mapas

base fueron suministrados por el Área de Informática del INM. Apenas hay espacio para reproducir cuatro de ellos, como muestra, los correspondientes a día 3 a las 00 y 12 UTC, día 4 a las 06 y día 5 a las 00 UTC, mediante los que se recogen varios detalles de interés. Día 3 a las 00 destacan varios elementos mesoescalares, una

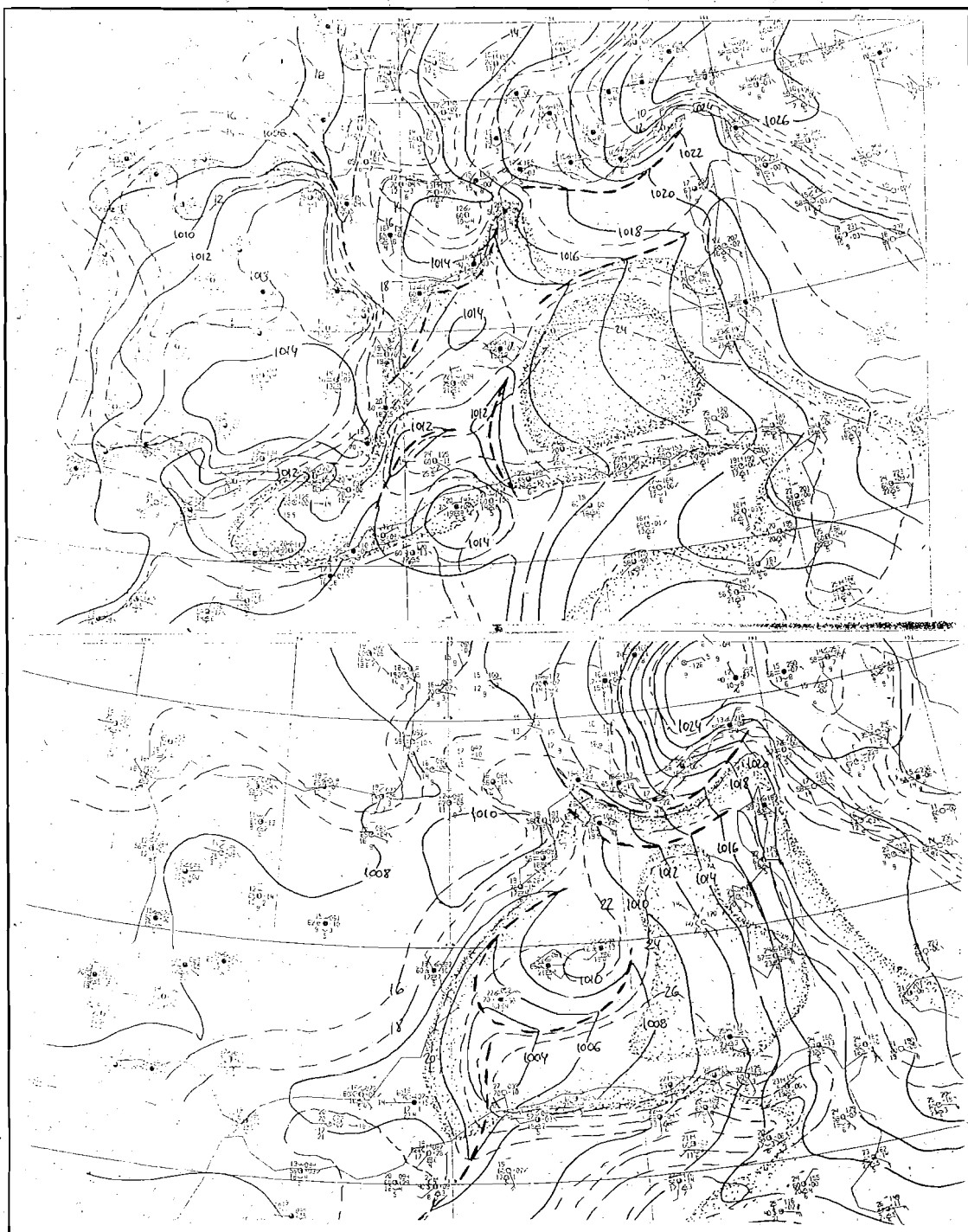


Fig. 9.- Igual que la Fig. 8. Día 4 a 00 UTC y día 5 a 00 UTC

depresión centrada en la zona de Argelia-Palos y dos altas debidas al bloqueo orográfico, en Pirineos y Alpes. La depresión organiza un flujo cálido y húmedo (las zonas punteadas corresponden a puntos de rocío por encima de 18 y 22°C), con un frente limitante hacia la costa peninsular. Ese frente o convergencia está reforzado frente a

Cataluña por la "resistencia": que opone la alta orográfica pirenaica. Es en esta zona de gran convergencia, con entrada de aire cálido y húmedo, donde se están desarrollando los sistemas convectivos A, B, C, D (Fig. 5). A las 12 UTC la alta pirenaica se ha visto prolongada hacia el mar, hacia el Sur, por la contribución de la salida fría

de los sistemas convectivos ya envejecidos (me-soalta convectiva); la convergencia más importante también se desplaza hacia el Sur y, con ella, la zona de formación de nuevos sistemas, que ahora en aguas de Baleares (sistema E, Fig. 6). Día 4 a las 00 UTC las descargas frías de numerosos sistemas convectivos viejos están introduciendo mucha complejidad, pero los elementos principales -baja de Argelia-Palos y altas orográficas- persisten. En particular, entre Baleares y el Sur de Francia hay una gran masa convectiva, alimentada por el flujo que la depresión argelina mantiene organizado. La propia masa convectiva ayuda a marcar la línea en que se regenera continuamente la convección. Día 5 a las 00 UTC la situación cambia. La baja argelina se ha reactivado espectacularmente y la convergencia a ella asociada genera nuevos y potentes sistemas muy al Sur. Las interacciones entre el flujo organizado por la depresión y las altas mesoescalares, tanto orográficas, como convectivas son reconocibles.

### Conclusiones.

El diagnóstico objetivo macroescalar da buenas orientaciones sobre las zonas de desarrollo convectivo, si se eligen los campos y niveles adecuados. Los niveles más bajos son esenciales, tanto para considerar los factores dinámicos, como para evaluar la estabilidad estática. La combinación sobre un mismo mapa de algunos campos importantes puede ser especialmente útil. En tanto

en cuanto la predicción numérica sea de calidad, el diagnóstico descrito puede traducirse en pronóstico a corto plazo. En el plazo muy corto, la vigilancia, con el soporte de un análisis subjetivo fino, nada suavizado y basado en modelos conceptuales previamente definidos (Jansá, 1990), posible con el apoyo de imágenes de satélite, permite mantener identificadas las zonas de generación y regeneración de los sistemas convectivos concretos.

### Referencias.

- Doswell, C.A. III (1982). *The operational meteorology of convective weather. Vol. I: Operational mesoanalysis.* NOAA Tech. Memo., NWS NSSFC-5.
- Gomis, D.; Alonso, S. (1988). *Structure function in a limited area.* Mon. Wea. Rev., 116, 2.254-2.264.
- Hoskins, B.J.; Pedder, M.A. (1980). *The diagnosis of middle latitude synoptic development.* Quart J.R. Meteor. Soc., 106, 707-719.
- Jansá, A.; Ramis, C.; Alonso, S. (1986): *La tormenta mediterránea de 15 de noviembre de 1985. Mecanismo de disparo.* Rev. de Meteorología, núm. 8, 7-19.
- Jansá, A. (1990). *Notas sobre análisis meteorológico, mesoescalar en niveles atmosféricos bajos.* INM.
- Ramis, C. (1976). *Contribución a la climatología del aire superior en Mallorca.* Universidad de Barcelona.